



TITLE:

博士論文概要

AUTHOR(S):

CITATION:

博士論文概要. Cue 2016, 35: 34-56

ISSUE DATE:

2016-03

URL:

<https://doi.org/10.14989/210151>

RIGHT:

博士論文概要

[課程博士一覧]

Alexandros Kordonis	「Dynamic Analysis and Modeling of AC/AC Power Converters for Applications to Smart-Grid Solutions」 (スマートグリッドへの適用のための AC/AC パワーコンバータの動的解析とモデル化)	平成 27 年 3 月 23 日
窪 田 まど華	「Energy Harvesting Characteristics of Nonlinear Oscillators under Excitation」 (外力を受ける非線形振動子のエネルギー収集特性)	平成 27 年 3 月 23 日
八 尾 惇	「Logic and memory devices of nonlinear microelectromechanical resonator」 (非線形微小電気機械共振器を用いたロジック及びメモリデバイス)	平成 27 年 3 月 23 日
金 正 勳	「Performance Analysis and Sampled-Data Controller Synthesis for Bounded Persistent Disturbances」 (有界持続的外乱に対する性能解析およびサンプル値制御器設計)	平成 27 年 3 月 23 日
鎌 田 啓 吾	「超高感度光ポンピング原子磁気センサの開発と生体磁気計測」	平成 27 年 3 月 23 日
岩 田 佳 也	「深紫外分光技術の確立と AlGaIn 系量子井戸の再結合ダイナミクスの研究」	平成 27 年 3 月 23 日
Chenhui Chu	「Integrated Parallel Data Extraction from Comparable Corpora for Statistical Machine Translation」 (統計的機械翻訳におけるコンパラブルコーパスからの対訳データの統合的抽出)	平成 27 年 3 月 23 日
井 上 保 彦	「Efficient Access Control Techniques for Distributed Wireless Communication Networks」 (分散型無線通信ネットワークのための高効率アクセス制御技術)	平成 27 年 3 月 23 日
劉 巍	「Cooperative Resource Sharing in MobileCloud Computing」 (モバイルクラウドコンピューティングにおける協調的資源共有)	平成 27 年 3 月 23 日
久保木 猛	「巻き込み型インダクタを用いた CMOS レーザダイオードドライバ回路の研究」	平成 27 年 3 月 23 日
Kornyanat Watthanasangmechai	「Ionospheric study based on total electron content observations in Southeast Asia」 (東南アジアにおける全電子数観測に基づく電離圏研究)	平成 27 年 3 月 23 日
黄 勇	「Development of a Rectenna Adapted to Ultra-wide Load Range for Microwave Power Transmission」 (マイクロ波無線送電に適用した超広負荷範囲に対応できるレクテナの開発)	平成 27 年 3 月 23 日
趙 堃	「Visualization techniques for large-scale and complex volume data」 (大規模・複雑ボリュームデータのための可視化技術)	平成 27 年 5 月 25 日

周 燕 子	「Power Packet Dispatching Based on Synchronization with Features on Safety」 (同期に基づく安全性を考慮した電力パケット伝送)	平成 27 年 9 月 24 日
奥 田 貴 史	「Enhancement of Carrier Lifetimes in SiC and Fabrication of Bipolar Junction Transistors」 (SiC のキャリア寿命向上およびバイポーラトランジスタの作製)	平成 27 年 9 月 24 日
呉 珮 岑	「Development of a novel growth method for AlN bulk single crystals using elemental aluminum and nitrogen gas」 (Al 元素と窒素ガスを用いた AlN バルク単結晶の新規成長方法の開発)	平成 27 年 9 月 24 日
小 川 和 久	「Optical Interferometric Measurements Inspired by Time-Reversal Symmetry of Quantum Mechanics」 (量子力学の時間反転対称性を用いた光干渉測定)	平成 27 年 9 月 24 日
武 笠 知 幸	「Mesoscopic Surface Characterization for Skeletal Kinematics Estimation from 3D Video」 (3次元ビデオからの骨格的運動学推定のためのメソスコピック表面特徴記述法)	平成 27 年 9 月 24 日
Kourosh Meshigi	「Particle Filter-based Tracking to Handle Persistent and Complex Occlusions and Imitate Arbitrary Black-box Trackers」 (複雑な長時間の遮蔽に対応可能でかつ任意の追跡器を模倣可能なパーティクル・フィルターに基づく物体追跡)	平成 27 年 9 月 24 日
長 崎 陽	「Study on High Temperature Superconducting Coil System for Magneto Plasma Sail Spacecraft」 (磁気プラズマセイル宇宙機搭載用高温超伝導コイルシステムに関する研究)	平成 27 年 9 月 24 日
Gan Tong	「Study to improve measurement accuracy and resolution of atmospheric radars」 (大気レーダーの測定精度と分解能の向上に関する研究)	平成 27 年 11 月 24 日

Alexandros Kordonis (引原教授)

「Dynamic Analysis and Modeling of AC/AC Power Converters for Applications to Smart-Grid Solutions」

(スマートグリッドへの適用のための AC/AC パワーコンバータの動的解析とモデル化)

平成 27 年 3 月 23 日授与

The dissertation starts by giving an introduction about the main ideas that are going to be analyzed such as AC/AC conversion, nonlinear dynamics, and power routers. Power router is a prototype device which can distribute on-demand power from the desired source to the desired load. By this way, we can achieve maximum operation of the renewable resources, constant power supply of the critical loads, and control localisation.

Next, the fundamentals of a 1-phase buck type AC/AC converter are analyzed. An open-loop control is confirmed both in simulations and experiments. One key factor of the converter operation is the switching frequency and its advantages. More specifically, operating in higher switching frequency makes the passive components smaller in size. In addition, the harmonics tend to have smaller amplitudes so that it is easier to attenuate them. Moreover, during transient response the higher the switching frequency is the faster the decay time becomes and also there exist smaller in amplitude overshoots.

Closed-loop feedback control is considered in the followings by deriving a discrete time iterative map. The novelty lies on the applications of nonlinear dynamics through this model and the results cover a whole range of new operation regimes, which include period doubling operation and chaotic oscillations besides the conventional steady state. By this way, the switching harmonics are not gathered into high peaks as in the conventional steady state but instead, they are distributed into a wider area with smaller amplitudes (as the electromagnetic regulations also recommend). As a result, their elimination is an easy task. It will be shown that even during the chaotic operation the fundamental harmonic is maintained and it is the main responsible one for the power flow. The performance improvement of the converter operation is discussed again with simulated and experimental approach.

The motivation for the next step lies on the research of a 3-phase AC/AC converter. A matrix converter is chosen because it is quite a new converter but it is very promising for the actual realisation since it is a very compact device, with low harmonic content, without DC link since the direct topology is used and so on. Some fundamental control modulations are presented in the beginning and of course a dynamic model of it, too. The experimental and simulation results have good agreement and show the advantages of its operation. Efficiency can be increased if we exploit the resonances that are proven through the dynamic model. Transient behavior is also tested showing how the converter can respond to sudden scenarios such as voltage sags and frequency changes. Some drawbacks are also presented such as the inability of the control to reach the ideal voltage ratio limits. Finally, the switching frequency has undesired effect on the efficiency since as the former is increasing the latter one is decreasing.

The final main topic presents an application which is the combination of a matrix converter with a power router attached to its output. Different switching scenarios are tested and the experimental results show good agreement with the simulation ones. The purpose of this application is to show that there is great potential in the smart on-demand power supply by switching on and off the equivalent power sources according to the power the loads require.

窪 田 まど華 (引原教授)

「Energy Harvesting Characteristics of Nonlinear Oscillators under Excitation」

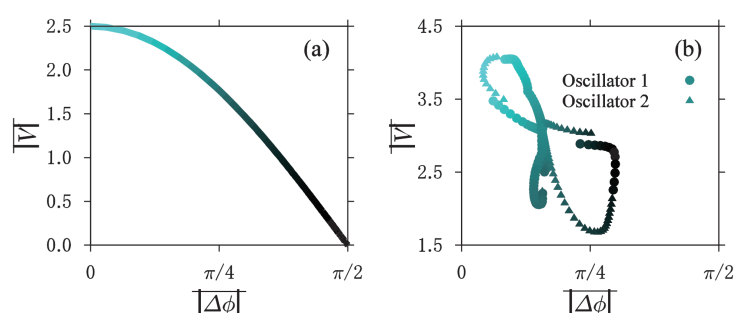
(外力を受ける非線形振動子のエネルギー収集特性)

平成 27 年 3 月 23 日授与

本研究は、環境中に遍在する振動エネルギーを収集するエネルギー・ハーベスティング技術に着目し、その典型的な周波数分布を持つ振動エネルギーを収集できる機構の提案をしたものである。対象とする振動は、周波数成分が複数重畳、または連続的な周波数分布を有する振動としている。それらの振動エネルギーの収集において、線形振動子の共振をエネルギー収集機構の原理としてそのまま適用した場合、特定の周波数の振動エネルギーしか吸収することができないことは周知である。しかしながら、共振現象の物理メカニズムに基づく非線形振動子や結合振動子の特性に着目した結果、周波数成分が複数重畳、または連続的な周波数分布を有する振動に対しても、これらの振動子によるエネルギー収集の可能性があることを示している。本研究はこれらの検討結果をまとめたものであって、得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) エネルギー収集率を高める典型的な例である共振において、外力と外力を受ける物体の位相差が一定である場合、エネルギー収集率が高い。同様に、外力の周波数が複数ある場合においても複数周波数からなる外力の位相を定義することにより、その位相がエネルギー回収率を支配することを数値的に明らかにした (図を参照)。
- (2) 低周波を多く含むカラーノイズの振動からエネルギー収集を行う機構として、樹木構造の結合振動子を提案している。この機構には外力が有する周波数帯域を狭める働きがあることを理論かつ実験的に明らかにし、効率の良いエネルギー回収の手段を与えることを実験的に示した。また本機構が、電磁誘導や圧電素子など固有周波数を持つエネルギー変換器の適用に適していることを示している。
- (3) エネルギーが拡散した周波数の連続する振動からエネルギーの収集を試みる検討を行っている。連続スペクトルからなる微小な振動の励振を受けた振動子が確率共鳴を生じる原理が、エネルギー収集機構に適用できることを提案している。その構造において収集率を増大化する手法をエネルギーの時間変動を表す電力の力率調整の原理に基づいて提案している。

上記のように本研究は、振動エネルギーの収集システムにおいて非線形振動子および結合振動子の特性を活かすことができる可能性を、理論、数値計算、実験によって原理的に明らかにしており、非線形力学および振動論の基礎学理が応用に寄与することを示したものである。



図：位相差（横軸）が小さいほど、また振動子の振幅（縦軸）が大きいほど、エネルギー吸収が高い。色の濃淡は明るいほど大きなエネルギー吸収を表す。(a) 線形振動子、(b) 非線形振動子。

八 尾 惇 (引原教授)

「Logic and memory devices of nonlinear microelectromechanical resonator」

(非線形微小電気機械共振器を用いたロジック及びメモリデバイス)

平成 27 年 3 月 23 日授与

近年、非線形 MEMS (microelectromechanical systems) 共振器を用いたメモリ及びロジック応用に高い注目が集まっている。図 1 に一例を示す MEMS 共振器は、半導体微細加工技術を用いて電気要素と機械要素を融合した MEMS デバイスの一つであり、機械的共振現象を利用した様々な応用がある。ここで、図 2 に示すように、非線形性により MEMS 共振器は、大振幅振動と小振幅振動の共存状態を持つ。この 2 種類の振動を“1”と“0”に定め、ロジック及びメモリデバイスとして使用する提案がある。MEMS 共振器を用いたロジック及びメモリデバイスは、ナノレベルの構造においては、既存の半導体メモリやロジックデバイスより消費電力が低くなると期待されている。また、すべてを機械構造で作製可能となると、高温環境や宇宙空間などにおいて使用可能、すなわち過酷環境に適している。さらに、並列計算や演算形メモリ操作などの動的な操作を実現できるなど、MEMS 共振器を用いたロジック及びメモリデバイスは次世代のキーデバイスとなる可能性がある。

以上の観点より、本研究では、非線形 MEMS 共振器を用いた機械式計算の原理検証を行い、1. メモリの読出し操作、2. メモリの書込み操作、3. カウンタ操作、4. 多機能デバイスである演算形メモリの開発、の 4 点で先駆的結果を得た。主要内容は以下の通りである。

1. 非線形 MEMS 共振器を用いたメモリの読出し操作である変位測定を、セルフセンシングにより実現した。
2. 非線形 MEMS 共振器の 2 種類の安定周期振動間の切り替え制御はメモリの書込み操作を意味する。本研究では、閉ループ系の変位フィードバック制御により切り替えを実験的に達成し、ノイズに強い書込み操作を実現した。また、遅れフィードバック制御システムについても、目標信号を必要としない閉ループ系である特性を活かして、2 種類の振動の切り替え制御が可能であることを数値計算により示した。
3. 非線形 MEMS 共振器 2 個を電氣的に結合し、順序回路である 2 ビットバイナリカウンタを実現した。図 3 に示すように、外部から与えたクロック毎に、2 つの MEMS 共振器の振動状態を“00”、“01”、“10”、“11”の順に切り替わる操作、すなわちカウンタ操作を、数値計算及び実験的に実証した。
4. 単一の非線形 MEMS 共振器を用いた多機能デバイスとして演算機能を有するメモリである演算形メモリを開発した。具体的には、非線形 MEMS 共振器により OR ゲート機能を有するメモリが実現可能であることを、数値計算及び実験的に示した。合わせて、同一の共振器を用いてリプログラム可能な演算形メモリが構成できることも明らかにした。

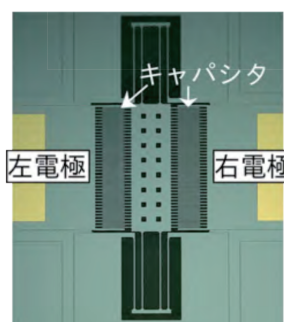


図 1 MEMS 共振器

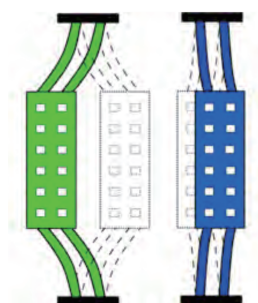


図 2 共存状態

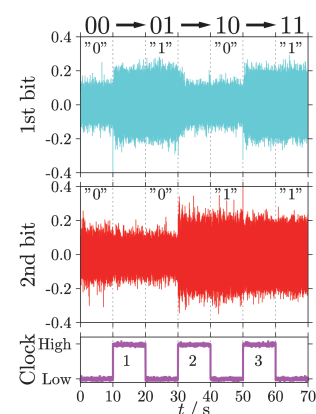


図 3 カウンタ操作結果

金 正 勳 (萩原教授)

「Performance Analysis and Sampled-Data Controller Synthesis for Bounded Persistent Disturbances」

(有界持続的外乱に対する性能解析およびサンプル値制御器設計)

平成 27 年 3 月 23 日授与

ステップ外乱や正弦波外乱などは実際の制御系においても頻繁に現れる。これらをより一般的に有界持続的外乱として取り扱って制御性能について論じるための制御理論の構築は、重要な課題である。このような問題の取り扱いでは、通常、振幅が任意の時刻で 1 以下の外乱のうちで最悪なものに対する制御出力の最大振幅をもって制御系の性能が評価される。これは、信号に対しては L_∞ ノルムを考え、制御系に対してはそれに対応する誘導ノルム、すなわち L_∞ 誘導ノルムを考えるという立場である。そこで本論文では、多入力多出力の連続時間時不変系およびサンプル値制御系の L_∞ 誘導ノルムに関する計算手法および L_∞ 誘導ノルムを最小にするサンプル値制御器の設計手法について論じる。得られた成果は以下の通りである。

1. 多入力多出力連続時間時不変系の L_∞ 誘導ノルムに関する計算手法について論じている。具体的には、入力近似手法および核関数近似手法という 2 つの近似手法を与え、これらのそれぞれにおいてさらに、信号の高速リフティング表現に基づく扱いのもとで、区分的な定数関数近似および区分的な一次関数近似という 2 つの考え方を適用している。これら 4 つの手法により、 L_∞ 誘導ノルムの上界値と下界値が簡単に計算でき、その上界値と下界値のギャップが、高速リフティングパラメータ M に関して、区分的な定数関数近似では $1/M$ のオーダーで、区分的な一次関数近似では $1/M^2$ のオーダーで、ともに 0 に収束していくことを示している。これは、入力近似手法と核関数近似手法の両方に共通の性質であり、収束オーダーに関しては両者が定性的には同等であることを意味している。しかしながら、より詳しい議論を通して、核関数近似手法が定量的には入力近似手法より効果的であることを明らかにしている。
2. 連続時間系がサンプル値制御系の特殊なものであることに留意し、連続時間系で考えられた入力近似手法と核関数近似手法のサンプル値制御系への展開について論じている。すなわち、信号を区分的な定数関数あるいは区分的な一次関数に近似するような手法が、入力近似および核関数近似の両方に共通な考え方としてサンプル値系の解析においても適用できることを示している。これらの手法をまとめることで、サンプル値制御系の L_∞ 誘導ノルムの計算に関する 4 つの定理が得られている。それらの手法より、サンプル値制御系においてもやはり L_∞ 誘導ノルムの上界値と下界値が簡単に導かれ、そのギャップも、区分的な定数関数近似では $1/M$ のオーダーで、区分的な一次関数近似では $1/M^2$ のオーダーで、0 に収束することが示されている。また、入力近似と核関数近似の間の優劣に関して、連続時間系の場合と同様の関係が成立することを明らかにしている。
3. 閉ループ制御系の L_∞ 誘導ノルムを最小にするサンプル値制御器の設計について論じている。上記 2. の議論はサンプル値制御器がすでに与えられているときの L_∞ 誘導ノルムを計算するという解析問題に関するものであり、その成果は、 L_∞ 誘導ノルムを最小化するサンプル値制御器を設計する目的には直接利用できないものである。そこで本研究では、サンプル値系 L_∞ 誘導ノルムの解析で用いられた入力近似手法について、サンプル値制御器設計における利用へと拡張する方法について論じ、その数学的妥当性を示す 2 つの重要な不等式を予随伴作用素の議論を用いて導いている。そして、 L_∞ 誘導ノルムを最小にするサンプル値制御器設計問題が、高速リフティングパラメータ M に関して、区分的な定数関数近似においては $1/M$ のオーダー、区分的な一次関数近似においては $1/M^2$ のオーダーの誤差を許容すれば、近似的に等価な離散時間系の L_∞ 誘導ノルムを最小にするような離散時間制御器設計問題に帰着させられることを示している。

鎌 田 啓 吾 (小林教授)

「超高感度光ポンピング原子磁気センサの開発と生体磁気計測」

平成 27 年 3 月 23 日授与

高次脳機能の解明や神経・精神疾患の診断を目的としたニューロイメージングの分野では、様々な非侵襲脳機能計測法が使用されている。その中でも脳磁図 (MEG) に代表される生体磁気計測技術は高い精度で生体活動を捉えることが可能であり、臨床応用に向けて盛んに研究されている。生体磁気信号は非常に微弱なため、計測には超電導量子干渉素子 (SQUID) を用いた磁気センサが主に使われてきた。そうした中、近年、アルカリ金属原子の電子スピン偏極を利用して磁気信号を計測する光ポンピング原子磁気センサ (optically-pumped atomic magnetometer: OPAM) が注目を集めている。このセンサは、SQUID を凌ぐ感度を実現することができるとともに、SQUID と異なり極低温での冷却を必要としないため、装置の小型化が可能、維持コストが低いなど様々なメリットを有し、生体磁気計測用の新たなセンサとして期待されている。

本研究では、OPAM による生体磁気計測システムの実現に向けて、K 原子を用いたポンプ・プローブ型の OPAM を開発し、センサ特性や高感度化、生体磁気計測の実施など、OPAM の実用化に向けて必要と考えられる事項について多角的に検討した。その主な内容を以下に示す。

1. 生体磁気計測に適した動作条件を決定するため、OPAM の出力信号及び、計測帯域を中心としたセンサ特性の動作条件依存性に関して検討を行った。計測原理に基づくシミュレーションにおいて、アルカリ金属原子を封入したガラスセル内でのスピン偏極やレーザ光強度の空間分布を考慮することで、センサ特性の複雑な挙動を再現し理論値と計測値が一致することを示した。それらの結果を踏まえ、OPAM の計測帯域はポンプ光と平行に印加するバイアス磁場により中心周波数を決定し、ポンプ光強度により帯域幅を調整することで任意の範囲に設定できるという結論に至った。
2. ヒト用の計測システムを構築し、レーザ光の照射方法やアルカリ金属原子の加熱機構の改良によりセンサシステムノイズを低減し、生体磁気計測を実現可能な感度を達成した。その上で、ヒトの心臓から発生する心磁図を計測し、上述したセンサ特性を補正する信号処理を実施することで、R ピークや T 波といった典型的な特徴や生理学的な知見とも矛盾しない磁場分布を観測した。また、図 1 に示すモジュール型 OPAM を用いて MEG 計測を実施し、開閉眼の切り替えに伴う α 波帯の事象関連脱同期及び聴覚刺激に対する事象関連脳磁界を観測し、OPAM による生体磁気計測システムの実現可能性を示した。加えて、既存の SQUID-MEG システムによる計測結果と比較することで、センサ構造の違いからくる計測結果の差異も含めた妥当性を検証し、既存システムに劣らない検出性能や多チャンネル配置における柔軟性など OPAM の利点を示した。
3. センサシステムの更なる高感度、及び実用化に向けた応用として図 2 に示す光学的グラジオメータを構成した。光学的グラジオメータにより $25 \text{ fT}_{\text{rms}}/\text{Hz}^{1/2}$ 以上の環境磁場ノイズを $9.3 \text{ fT}_{\text{rms}}/\text{Hz}^{1/2}$ にまで低減し、5 倍以上の SNR 向上効果を示した。

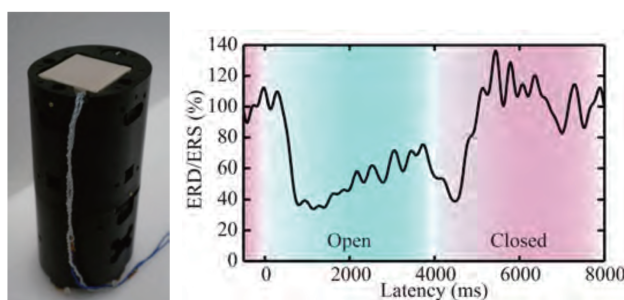


図 1 モジュール型 OPAM 及び MEG 計測結果

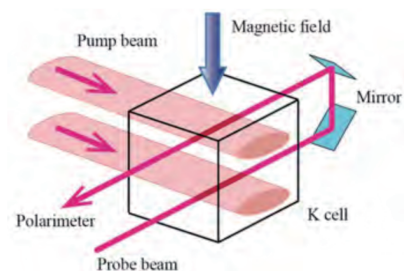


図 2 光学的グラジオメータ構成

岩 田 佳 也 (川上教授)

「深紫外分光技術の確立と AlGa_N 系量子井戸の再結合ダイナミクスの研究」

平成 27 年 3 月 23 日授与

深紫外光 (200-300 nm) は、物質に対する化学作用に富み、水や空気の清浄・殺菌に利用されるなど、応用先は多岐にわたる。ただし、その光源は水銀やフッ化物など有害物質を使用し、環境負荷が大きい。近年、この問題を解決すべく、窒化物半導体の AlGa_N を用いた光源への置き換えが期待されている。しかしながら、デバイス実現に向けて重要な構造である高 Al 組成 AlGa_N 量子井戸における発光機構には未解明な部分が多い。その大きな理由として、励起光源、光学部品の不足により、深紫外領域における光学測定技術が未熟であることが挙げられる。そこで本研究では、深紫外領域における光学測定技術を確立し、高 Al 組成 AlGa_N/AlN 量子井戸の発光機構を解明することを目指した。得られた成果を以下に示す。

1. 励起光源として、ピコ秒 Ti:sapphire レーザの第四高調波発生装置と、光学パラメトリック発振器を用いた深紫外光源を構築した。これにより、広範囲の励起キャリア密度条件におけるフォトルミネセンス (PL) や時間分解 PL (TRPL) 測定が可能となった。また、反射光学系に着目し、反射型対物レンズを用いた共焦点光学顕微鏡の構築を行った。これにより、発光機構に大きな影響を及ぼす空間的不均一性の評価が、深紫外領域でも可能となった。
2. 10^{12} – 10^{21} cm⁻³ という広範囲の励起キャリア密度条件における PL 測定を行った。図 1 に示した時間積分 PL (TIPL) 積分強度の励起強度 (初期キャリア密度) 依存性における超線形領域 (ii) の観測から、極低温においても非輻射再結合過程が存在することが示唆された。非輻射再結合中心密度や輻射再結合確率の定量化のため、レート方程式による再結合過程のモデル化を行った。ヘテロおよびホモエピタキシャル AlGa_N 量子井戸の比較から、極低温における非輻射再結合は、主として貫通転位に起因したものであることが分かった。
3. 共焦点光学顕微鏡を用いた顕微 PL マッピング測定を行った。図 2 のように、AlGa_N 量子井戸内における結晶不均一性の定量化を行い、数ミクロンオーダーの空間不均一性を可視化した。また、空間分解能の異なる CL 測定と組み合わせることにより、AlGa_N 量子井戸において、数ミクロンおよびサブミクロンオーダーの不均一性が混在することを初めて実験的に証明した。
4. ホモエピタキシャル AlGa_N 量子井戸の顕微 PL スペクトルにおいて、顕著な LO フォノンレプリカが観測された。LO フォノンカップリングの理論との比較から、一般的な窒化物半導体の励起子とは異なり、フレンケル励起子に近い性質を持っていることを提案した。

以上のように、本研究では、深紫外領域における光学測定技術を確立し、AlGa_N 量子井戸の発光機構を解明した。確立した測定技術は、AlGa_N はもちろん、他の深紫外発光材料の物性解明にも大きな貢献をするものと期待される。

Ref) Y. Iwata, Y. Kawakami *et al.* J. Appl. Phys. 117, 075701 (2015) および J. Appl. Phys. 117, 115702 (2015).

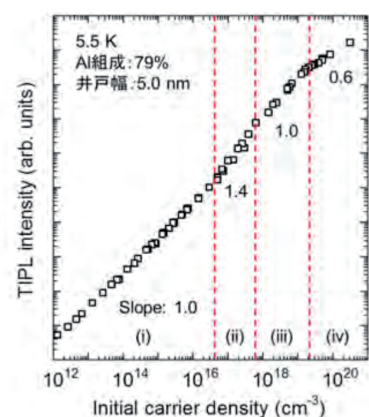


図 1 : AlGa_N/AlN 量子井戸における PL 積分強度の励起強度依存性

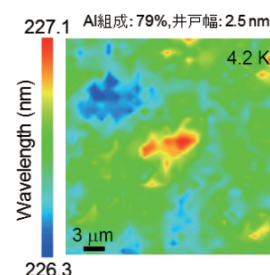


図 2 : AlGa_N/AlN 量子井戸における PL 発光波長の空間マッピング

Chenhui Chu (黒橋教授)

「Integrated Parallel Data Extraction from Comparable Corpora for Statistical Machine Translation」

(統計的機械翻訳におけるコンパラブルコーパスからの対訳データの統合的抽出)

平成 27 年 3 月 23 日授与

Machine translation (MT), as a high level application of natural language processing (NLP), is a powerful tool to improve the efficiency and reduce the cost of translation. Over the last decade or two, statistical machine translation (SMT) has been the main approach in both the research community and the commercial sector. In SMT, translation knowledge is automatically acquired from parallel corpora (sentence-aligned bilingual texts), making the rapid development of MT systems for different language pairs and domains possible once parallel corpora are available. Because of the high dependence on parallel corpora, the quality and quantity of parallel corpora are crucial for SMT. However, except for a few language pairs and some specialized domains, high quality parallel corpora of sufficient size remain a scarce resource. This scarceness of parallel corpora has become the main bottleneck for SMT.

Comparable corpora are a set of monolingual corpora that describe roughly the same topic in different languages, but are not exact translation equivalents of each other. Exploiting comparable corpora for SMT is the key to addressing the scarceness of parallel corpora. The reason for this is that comparable corpora are far more available than parallel corpora, and there is a large amount of parallel data contained in the comparable texts. The main focus of this thesis is extracting the parallel data from comparable corpora to improve SMT. Comparable corpora potentially contain three types of parallel data: bilingual lexicons, parallel sentences and parallel fragments. In this thesis, we propose novel approaches to extract these three types of parallel data from comparable corpora in an integrated framework.

The overview of our framework is presented in Figure 1. As initial, we have comparable corpora and a small seed parallel corpus. We first generate a bilingual dictionary from the seed parallel corpus. As the coverage of this dictionary is low, we further extract bilingual lexicons from comparable corpora ((1) in Figure 1) and combine them with the generated dictionary. Using the combined dictionary, we can apply cross-lingual information retrieval to generate parallel sentence candidates from comparable corpora. Next, we apply parallel sentence extraction that can classify the parallel sentence candidates into parallel and comparable sentences ((2) in Figure 1). Finally, we apply parallel fragment extraction to extract parallel fragments from the comparable sentences ((3) in Figure 1). The combined dictionary can be used for both parallel sentence and fragment extraction. Moreover, the extracted parallel sentences can be used to support parallel fragment extraction. The extracted parallel sentences and fragments are used as training data for SMT. Also, they can be appended to the seed parallel corpus for bootstrapping. Experiments verify the effectiveness of the proposed approaches for the scarceness of parallel corpora that SMT suffers.

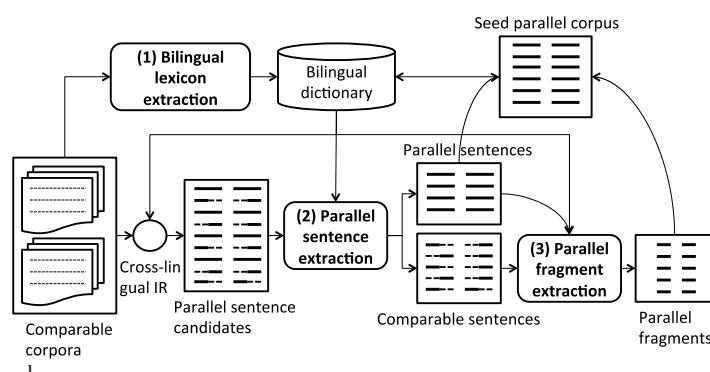


Figure 1: Integrated parallel data extraction framework

井 上 保 彦 (守倉教授)

「Efficient Access Control Techniques for Distributed Wireless Communication Networks」

(分散型無線通信ネットワークのための高効率アクセス制御技術)

平成 27 年 3 月 23 日授与

近年、スマートフォンをはじめとする高性能携帯端末の普及とアプリケーションの多様化により、インターネット上のトラフィックが急増している。特に、モバイルデータトラフィックの増加は著しく、セルラーシステムに加えて無線 LAN (Local Area Network) のようなアンライセンスバンドを使用するシステムを活用しながら、様々なサービスやアプリケーションをサポートしてゆくことが急務となっている。ライセンスバンドを使用して高品位なサービスを効率よく提供することができるセルラーシステムとは異なり、アンライセンスバンドを利用する無線 LAN などのシステムでは、周波数共用の観点から自律分散型のアクセス制御が用いられるが、これに伴う大きな制御オーバーヘッドや、通信品質の確保が困難であるといった課題も存在する。本論文では、モバイルデータ通信を効率良くかつ高信頼にサポートするために、自律分散型制御を行う MAC (Medium Access Control) 層の高効率化と高機能化の研究をおこなった。本研究の成果は下記の通りである。

1. 複数の伝送速度をサポートする無線システムにおける効率改善策の一つとして、マネジメント機能を強化したレートスイッチングアルゴリズムを用いることで、伝送誤りを低減しシステム容量が改善すること示した。
2. IEEE 802.11 無線 LAN 規格で規定されているポーリングによる集中制御手順、ならびに CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) プロトコルを用いた分散制御手順を拡張し、無線区間での帯域幅や遅延など特定の通信品質を満足するためのスケジューリング方法、ならびに優先制御の実現方法を示した。
3. 自律分散型ネットワーク上での高信頼マルチキャスト通信を行うための方法を検討し、受信端末のグループ化と端末グループをベースとした確認応答手順を用いることにより、マルチキャストデータの配信を高信頼、かつ高効率に行う方法を提案・評価し有効性を示した。
4. 分散型ネットワークの一つの応用例として、走行する自動車の間で情報交換を行うための車両間通信ネットワークについて検討した。R-ALOHA (Reservation-ALOHA) プロトコルを基に自律的な通信スロット選択手順と、スペクトル拡散によるデータ送受信手順を考案し、高速道路での利用を想定した計算機シミュレーションにより有効性を示した。

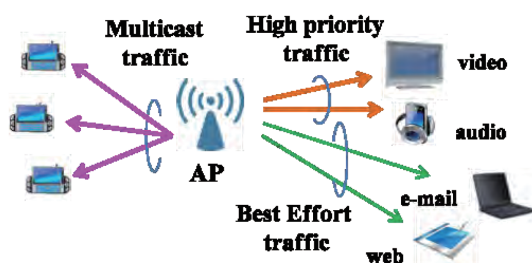


図 1 分散ネットワークにおける多様なトラフィックのサポート

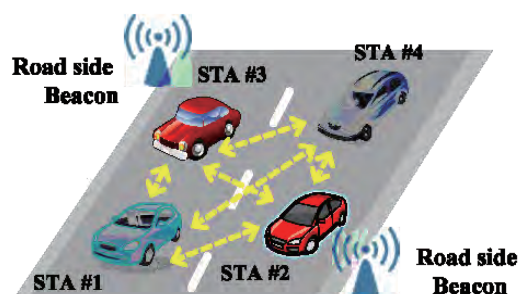


図 2 車両間通信ネットワーク

劉 巍 (高橋教授)

「Cooperative Resource Sharing in MobileCloud Computing」
(モバイルクラウドコンピューティングにおける協調的資源共有)

平成 27 年 3 月 23 日授与

Recent advances in hardware, communication, and software technologies make our living world be full of “smart devices” like smart phones, sensors, actuators, and autonomous vehicles. These smart devices own heterogeneous resources to accomplish different tasks like sensing physical environments, processing information, and data transmission. However, resources reside in these smart devices are not always be used by their users, e.g., smart phones are not always busy, and vehicles are not always running on the road. Therefore, efficient utilizations of these idle resources nearby us are not only helpful to increase the Quality of Experience (QoE) of end users, but also capable of offloading data transmission and computational tasks to the edge of networks. This thesis discusses different aspects of cooperative resource sharing among smart devices as well as centralized data centers.

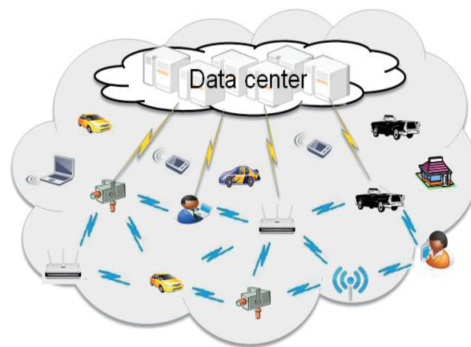


Fig. 1 Resource sharing among smart devices

Particularly, this thesis discusses resource discovery, local resource sharing and opportunistic resource sharing mechanisms:

Resource discovery: In order to implement resource sharing among smart devices, a smart device (resource seeker) that requires for certain kind of resources has to first discover other devices in which the required resources are idle. We propose an adaptive resource discovery mechanism that automatically transforms between different discovery modes (i.e. centralized mode and flooding mode) according to real-time network statuses.

Local resource sharing: After resource discovery, the resource seeker has to select suitable resource providers among all candidates. The proposed local resource sharing mechanism automatically selects optimal resource providers to compose a local resource sharing platform, and improves task processing efficiencies from the view of resource seekers.

Opportunistic resource sharing: M2M communications between smart devices are usually constrained by limited communication ranges. As a result, it is difficult to ensure a persistent connection between a resource seeker and its resource providers. The proposed opportunistic resource sharing mechanism utilizes short and intermittent connection opportunities between smart devices to share their idle resources and improve their task processing efficiencies.

Finally, there is no doubt that the research on cooperative resource sharing among smart devices is still in its infant stage. However, due to its huge potential in the coming era of pervasive computing, this field has attracted more and more attentions from both academic researchers and industrial engineers. It should be an exciting and challenging work to practice this idea in the near future society.

久保木 猛 (小野寺教授)

「巻き込み型インダクタを用いた CMOS レーザダイオードドライバ回路の研究」

平成 27 年 3 月 23 日授与

本論文は、光通信システム用レーザダイオードドライバ回路の小面積化を目的として、小面積 CMOS ドライバ回路を実現するための回路設計手法の検討を行い、試作チップによる評価により提案手法の有効性をまとめたものである。光通信システムは、SDH/OTN/SONET 等 WAN から GbE/10GbE/FC/10GFC 等 LAN に至るまで幅広く適用され、その高速化・小型化・低電力化が推進されている。光通信用ドライバ回路には高速にレーザダイオードを駆動する能力が求められるため、従来より化合物半導体による回路設計の研究が進められてきた。一方で、CMOS トランジスタの微細化の進展により、多機能、かつ、低消費電力な CMOS 光通信用ドライバ回路の実現が期待される。しかし、ドライバ回路に必要なインダクタは広大なチップ面積を必要とするため、高速な CMOS ドライバ回路の実現に課題がある。そこで本研究では、光通信用 CMOS ドライバ回路の高速化と小面積化を両立して実現するための回路設計法を検討した。

回路の高速化のための帯域向上手法について検討を行い、CMOS ドライバ回路の帯域向上手法としてオンチップインダクタによる帯域向上効果について着目した。一方でオンチップインダクタはチップの占有面積が大きいため回路面積の増大につながり、また大きなインダクタンスを得ることが難しい。本研究では、インダクタの小面積化を実現するための、複数のインダクタを搭載可能な、巻き込み型インダクタの構成を提案した。

提案した巻き込み型インダクタでは複数のインダクタを 1 カ所に配置できるため回路面積の縮小につながり、またインダクタと回路素子との配線を縮小できるため寄生成分を削減できる。さらに、相互結合インダクタンスを有効に活用することで、従来手法では実現困難なインダクタンスを実現することができる。しかし、相互結合インダクタンスと回路の性能低下の要因となるインダクタ間容量にはトレードオフの関係があるため、このトレードオフ関係を明らかにし、最適な構造を検討した。

提案手法の実証実験として、巻き込み型インダクタを用いた長距離光通信向けの直接駆動型 LD ドライバ回路、および、短距離光通信向けの間接駆動型 VCSEL ドライバ回路の設計の検討を行った。前者の実証実験における試作回路では、先行研究と比べて、回路面積を 30% 削減、1.6 倍の動作速度の実現、および、60% 以上の電力効率の向上を達成した。後者の実証実験では、広い周波数範囲で群遅延の偏差を抑制する巻き込み型インダクタの設計を検討し、試作回路の評価において、30% の回路面積の削減、低速の信号から 25Gb/s までの信号伝送を達成した。

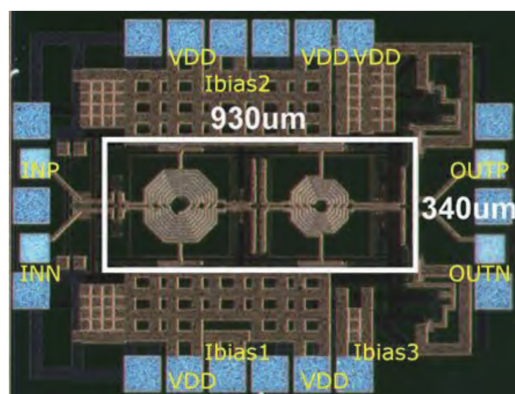


図 1：巻き込み型インダクタを用いた試作 VCSEL ドライバ回路 (0.18um CMOS)

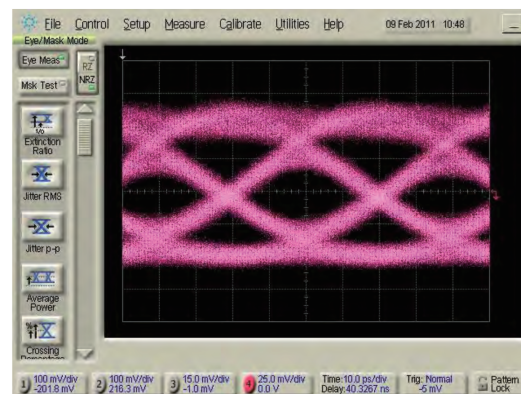


図 2：試作 VCSEL ドライバ回路の 25Gb/s 伝送実験実測結果

Kornyanat Watthanasangmechai (山本教授)

「Ionospheric study based on total electron content observations in Southeast Asia」
(東南アジアにおける全電子数観測に基づく電離圏研究)

平成 27 年 3 月 23 日授与

Low latitudes' ionosphere most often shows the occurrence of large plasma density fluctuations with a broad range of scale sizes and amplitudes. In Southeast Asia, a number of phenomena that could significantly disrupt radio communication and GPS navigation systems such as ionosphere disturbances and plasma bubble frequently occur. The GPS positioning/navigation system is increasingly used for critical missions like the air-traffic navigation in Japan and all around the world. To avoid an unexpected scenario, understanding the generation and evolution of the ionospheric irregularities over the South-East Asia is important to nowcast/forecast of the space weather. This thesis focused on development of the data processing technique for analysis of ground-based TEC observations, and on investigating the development and dynamics of Equatorial Ionization Anomaly (EIA), Plasma Bubble (PBB), and mesoscale and/or sub-mesoscale ionospheric structures.

The new bias estimation technique for the total electron content (TEC) from the dual-band beacon network has been intensively researched. An experiment of dual-band beacon over Southeast Asia was started in March 2012 in order to capture and analyze ionospheric structures and irregularities. Five GNU Radio Beacon Receivers (GRBRs) were aligned along 100°E geographic longitude. The distances between the stations reach more than 500 km. The field of view of this observational network covers $\pm 20^\circ$ geomagnetic latitude including the geomagnetic equator. The observational network was too sparse to attain a benefit of the classic two-station method, a so-called Leitinger method, in order to estimate TEC offsets of dual-band beacon experiment. Moreover, the least-squares approach used in the two-station method failed in many cases. We thus proposed a new technique to estimate the TEC offsets with the supporting data from absolute GPS-TEC from local GPS receivers and the ionospheric height from local ionosondes. The key of the proposed technique is to utilize the brute-force technique with weighting function to find the TEC offset set that yields a global minimum of RMSE in the whole parameter space. Comparisons between the beacon TEC and TEC reconstructed by using ionosondes and the in-situ density data from Communications/Navigation Outage Forecasting System (C/NOFS) satellite were made. Both TECs are very consistent as the beacon TEC well match with the reconstructed TEC. As a result, the latitudinal TEC shows double-hump distribution because of the EIA. The EIA formation was revealed. The small-scale fluctuations during an ESF appearance are captured at nighttime in equinox seasons considered as the structures of plasma bubbles. It is a significant step, which can make the beacon data a dependable tool to study the low-latitude features.

A temporal change of the EIA asymmetry was monitored by a multipoint satellite-ground beacon experiment along the meridional plane of the Thailand-Indonesia sector. This is the first EIA asymmetry study with high spatial resolution using the GRBR observations in Southeast Asia. GRBR-TECs from 98 polar-orbit satellite passes in March 2012 revealed the rapid evolution of the EIA asymmetry especially during the geomagnetic disturbances. The meridional wind is found to be the main source of the EIA asymmetry. Besides, the geomagnetic activity possibly played an important role on the rapid evolution of the EIA asymmetry during the daytime. The physical mechanism that controls the temporal change of the EIA asymmetry during the daytime and the nighttime is possibly different. Also the EIA asymmetry had a quasi three-day variation at 21 LT, which suggests the forcing from the lower atmosphere. Precise capturing of the crests' locations and the asymmetry evolution enhances an understanding of the temporal change of the EIA asymmetry in local scale. It contributes to a local modeling of the ionosphere in Southeast Asia.

黄 勇（篠原教授）

「Development of a Rectenna Adapted to Ultra-wide Load Range for Microwave Power Transmission」

（マイクロ波無線送電に適用した超広負荷範囲に対応できるレクテナの開発）

平成 27 年 3 月 23 日授与

レクテナはマイクロ波無線送電システムに最も重要な素子の一つであるが、RF-DC 変換効率は入力電力または接続した負荷抵抗に強く依存する特性がある。言い換えれば、レクテナが最大効率で動作する最適負荷が存在する。本論文は、マイクロ波無線送電に適した超広負荷範囲に対応できるレクテナを開発することを目的とし、定入力抵抗特性を保つ DC-DC コンバータを接続することで、負荷に依存せずに最大効率で動作することができるレクテナを開発したものであり、成果は以下の通りである。

1. レクテナの整流回路と DC-DC コンバータを一つの回路として Harmonic Balance 法を用いてシミュレーションモデルを確立した。その結果、370-1300Ω の広負荷範囲で整流ダイオードにかかる最大逆電圧が制限でき、ダイオード逆耐電圧を越えることなく安定に整流動作を行うことができる効率 70% 以上の整流回路の設計に成功した。シミュレーション結果により、DC-DC コンバータを用いて、整流回路のインピーダンス整合を行い、効率を改善することが可能であることが確かめられた。
2. 一般には他の目的のために用いられる昇圧、降圧、昇降圧コンバータの入出力電圧と入出力抵抗関係の理論式を導いた。その結果、レクテナに使うために最適なのは、出力電圧及び入力抵抗が入力電圧及び接続負荷と無関係に設計できる昇降圧コンバータであることを初めて明らかにした。外部 DC 電源を用いた反転非連続昇降圧コンバータを用いて、レクテナの最大効率点の追従に成功し、100-5000 Ω の広負荷範囲で効率が 60% を超える DC-DC コンバータ付整流回路の開発に成功した。
3. 電力自給型の非反転非連続昇降圧コンバータを用いて、外部 DC 電源不要で RF-DC 変換効率が負荷に依存しないレクテナを開発した。200-10000Ω の広負荷範囲（1: 50、他研究結果（1: 10 以下）に比べ 5 倍以上広負荷範囲）で効率 66% 以上の DC-DC コンバータ付整流回路の開発に成功した（図 1）。
4. 開発した広負荷範囲に対応できるレクテナ整流回路を用いて、アンテナに接続してレクテナを開発し、トルクによって実際負荷特性が変動する DC モータへのマイクロ波無線送電実験を行った。実験のために 2 種類のマイクロ波受電用アンテナを新たに開発、最適なものを選択し、同時に整流回路を小型化し、合わせて平面型のレクテナを開発した。マイクロ波無線送電実験では複数の整流回路とコンバータを組み合わせることで最適な組み合わせを求め、レクテナアレーを開発し、最適な組み合わせにおいて、DC モータの負荷変動に依らず、高効率のマイクロ波無線給電に成功した。また、マイクロ波の連続波とパルス波無線送電実験（図 2）の両方とも検証し、成功した。

以上要するに本論文は、マイクロ波送電に対する要求であった負荷変動に効率が影響されないレクテナの開発の成功したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

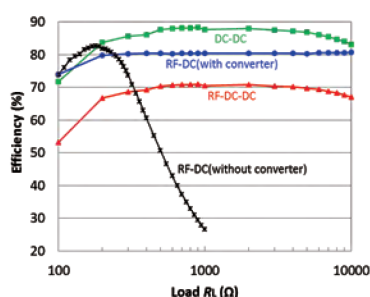


図 1 改善前後の整流回路の効率比較

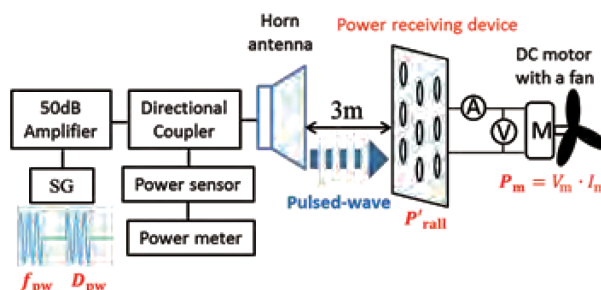


図 2 DC モータへマイクロ波パルス波送電のブロック図

趙 堃 (小山田 授)

「Visualization techniques for large-scale and complex volume data」

(大規模・複雑ボリュームデータのための可視化技術)

平成 27 年 5 月 25 日授与

Recently, visualization of large-scale and complex volume data becomes a hot topic in many research fields. Volume data can be found in scientific simulation, measurement, and other fields. An efficient visualization can play a guiding role to understand the knowledge from the volume data. However, volume data may have a large scale and contains a highly complex structure. The value array may be scalar, vector or tensor type, and may consist of multiple variables (multi-variate data). The data value or structure may vary temporally (time-varying data). Moreover, sometimes the volume data may be combined with several different volumes (fused volume data). Due to these features, the visualization of such kind of large-scale and complex volume data has numerous difficult problems.

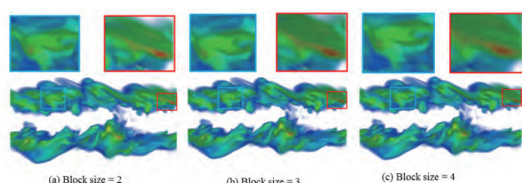


Fig.1 Compression results for the turbulent volume data with different parameters.

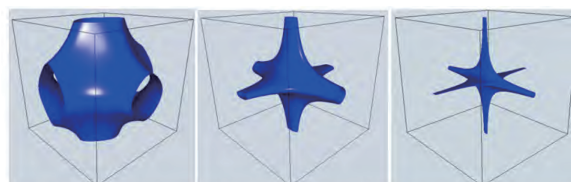


Fig.2 Analysis of the degenerate surface for tensor volume data.

Even though various related works have been proposed to visualize volume data, the works related to data compression, data analysis and volume rendering, which are necessary in volume visualization, still have numerous challenges. This paper tackles these challenging problems and proposes several techniques to visualize different kinds of large-scale and complex volume data such as time-varying volume data, tensor volume data, multi-variate volume data and fused volume data. As the data compression technique, we present a time-varying volume compression method in spatio-temporal domain. This compression technique can obviously decrease the data size of large-scale time-varying volume data and achieve fast decompression and efficient visualization (Figure 1). As the data analysis techniques, we propose a function-based feature extraction system to analyze the tensor volume data (Figure 2) and a voting-based ensemble-averaging system to analyze the multi-variate ocean volume data (Figure 3). The analyzing results show that the meaningful features can be extracted efficiently from the large-scale and complex volume data. Last, as the volume rendering technique, we propose an adaptive particle-based rendering technique to render large-scale fused volume data. The rendering results show the fusion visualization for different volumes in the fused volume data can be performed at an interactive frame rate while maintaining a good image quality (Figure 4). As a result, several challenging problems in scientific fields are solved by these proposed visualization techniques.

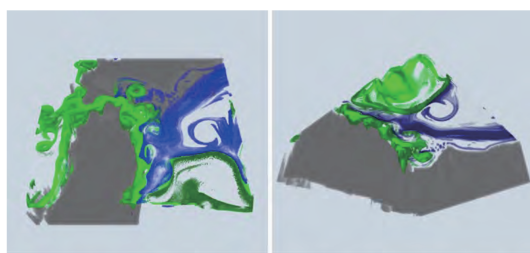


Fig.3 Analysis of water masses from multi-variate ocean volume data

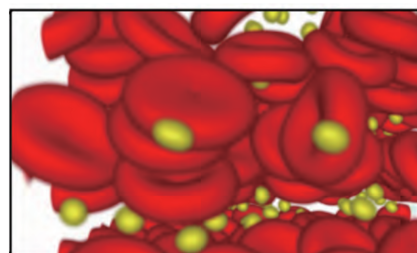


Fig.4 Fused visualization for the large-scale blood flow volume data with adaptive particle-based rendering

Yanzi Zhou (引原教授)

「Power Packet Dispatching Based on Synchronization with Features on Safety」

(同期に基づく安全性を考慮した電力パケット伝送)

平成 27 年 9 月 24 日授与

In the context of liberalized power market, the environment of power systems at present is more decentralized than that of conventional ones. Accordingly, the power distribution and power control become more complicated. For the purpose of power management between power sources and consumers, a modernized power distribution network integrated with information and communications technology (ICT) is highly expected.

This dissertation discusses power packet dispatching system, clock synchronization, and safety of power packet dispatching. The power packet dispatching system is proposed to manage low direct current (DC) power sources, including multiple power sources for adjusting to demands. In this system, the introduced mixer and router request the clock synchronization to achieve the exchange of information attached in a power packet and power. Furthermore, the concept of safety of power packet dispatching is proposed for protecting the information of power packets as well as keeping the loads safe regarding supplied power from power packets. As a potential approach to achieve the information safety and the power safety, modulation of power packets is proposed.

A model of a digital clock synchronization method, referred to as the primitive model, is derived according to the principles of CPPLL (Charge Pump Phase Locked Loop). Applying a first-order control to the primitive model, we achieved the clock synchronization between two clock signals: REF (reference clock signal) and NCO (output clock signal of a numerically-controlled oscillator). Through experiments, it is found that the setting time of the first-order controlled clock synchronization is around 10 reference clock cycles and further it is independent on the initial relationships between REF and NCO. For improving the clock synchronization in a shorter time, we applied a second-order control to the primitive model and confirmed the stability of the model. Through embedding the model into a router, the power packet dispatching under autonomous clock synchronization is experimentally verified.

In addition, we investigate the power packet dispatching in a modified power packet dispatching system, where two mixers and one router are included. The attempt is to demonstrate the feasibility of system expansion based on autonomous clock synchronization. Power packet dispatching under different scenarios are discussed in experiments. Particularly, we focus on the congestion of packets and the corresponding regulation. It is confirmed that power packets are dispatched as expected or as regulated. As a result, one may conclude that it is feasible to expand the power packet dispatching system into a network system based on the achieved autonomous clock synchronization method for power dispatching.

The safety of power packet dispatching is also an important feature, which can be considered from two aspects: protecting the information of packets from attackers (information safety) and keeping the loads safe regarding power (power safety). The dissertation proposed the concept of safety related to power packets, in particular, the concept of power safety. For the purpose of achieving information safety and power safety, we introduce a simple modulation of power packets at the packetization. At first, we modulate the preamble and the header of packets using DCSK (Differential Chaos Shift Keying) scheme, a typical non-coherent chaos-based communication scheme, so that the information safety can be achieved. Then, we propose whole packet modulation aiming to achieve the information safety and the power safety, simultaneously. In whole packet modulation, pulse width modulation (PWM) is suitable to the payload first for managing the amount of transferred power of packets. After the power modulation, the whole packet is further modulated using the DCSK. The consideration appears that the information of packets is protected and the spectrum of noise existing in the modulated packets is spread as well. This dissertation remains the realization of the power packet modulation in practical system for the design and development of power packet dispatching system.

奥 田 貴 史 (木本教授)

「Enhancement of Carrier Lifetimes in SiC and Fabrication of Bipolar Junction Transistors」
(SiC のキャリア寿命向上およびバイポーラトランジスタの作製)

平成 27 年 9 月 24 日授与

炭化ケイ素 SiC は Si に比べて絶縁破壊電界が 10 倍大きく、通電損失を Si デバイスの 1/300 程度に低減することが出来るため、次世代パワーデバイス用材料として注目されている。SiC では、国内外の大学・企業により電界効果トランジスタ (MOSFET) の研究開発が進められ、低いチャネル移動度や高温での信頼性不足といった課題を残しつつも、実用化が間近となっている。一方、本研究では別のデバイス構造である SiC バイポーラトランジスタ (SiC BJT) に注目している。SiC BJT は、伝導度変調により SiC MOSFET を超える低損失のデバイスを実現できる可能性があり、より高温 ($>300^{\circ}\text{C}$) での動作も可能である。SiC MOSFET に比べると研究は少なく、解決すべき課題を抱えているが、次世代パワーデバイスとして大きな可能性を秘めている。

SiC BJT では、耐圧 1kV 級を中心に研究が行われ、すでに低オン抵抗のデバイスが報告されている。SiC BJT の大きな課題のひとつはエミッタ接地電流増幅率 (β) の向上である。BJT は電流駆動型デバイスであるため実用化に向けて 300 を超える増幅率が必要である。デバイス構造の最適化などにより向上してはいるものの、過去の研究では $\beta \sim 100$ 程度にとどまっておらず十分ではない。現状、増幅率はベース層のキャリア寿命やエミッタメサ側壁の表面再結合などで制限されていると推測されているが、いまだ多くの物性が明らかになっておらず、増幅率を制限する要因について十分な議論がなされていない。

本論文では、高耐圧・低オン抵抗・高電流増幅率である SiC BJT の実現にむけて、キャリア寿命や表面再結合などの基礎的な物性を詳細に調べた上で、SiC BJT を作製し性能向上を目指した。主要な内容を以下に示す。

1. p 型 SiC エピ層におけるキャリア寿命向上手法として、新たに水素熱処理による水素パッシベーションを見出した (図 1)。p 型エピ層には未知のライフタイムキラーが存在しており、水素熱処理によって不活性化することで、キャリア寿命を向上することが出来たと考えている。
2. デバイス作製におけるプロセスにおいて生成する点欠陥について詳細に調べ、その低減を目指した。
3. 表面パッシベーションの手法として、酸化膜堆積後に POCl_3 熱処理を行うことで、表面再結合速度の飛躍的な低減に成功した (図 2)。
4. キャリア寿命向上プロセスを SiC BJT のコレクタ層 (耐圧維持層) に適用することで、明瞭な伝導度変調を観測し、オン電圧の低減を実現した。

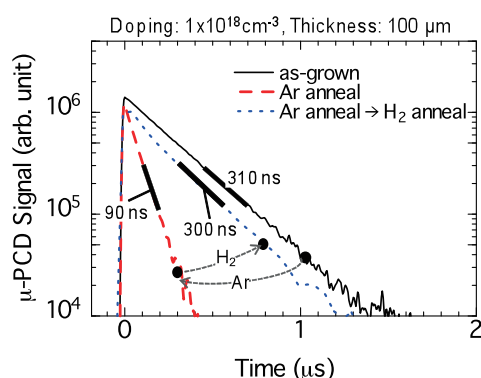


図 1 p 型 SiC エピタキシャル層におけるキャリア寿命の向上(1000 $^{\circ}\text{C}$ 10 分間の水素熱処理による)

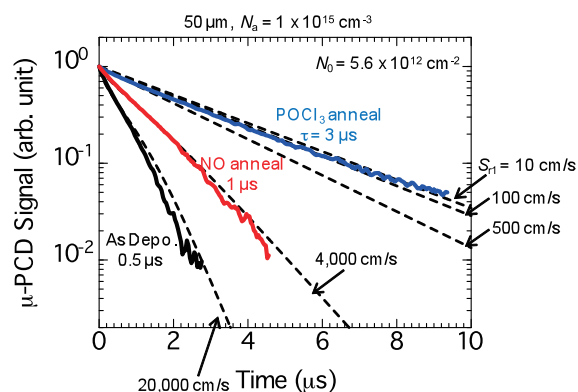


図 2 POCl_3 雰囲気での熱処理による表面再結合速度の低減

呉 珮 岑 (川上教授)

「Development of a novel growth method for AlN bulk single crystals using elemental aluminum and nitrogen gas」

(Al 元素と窒素ガスを用いた AlN バルク単結晶の新規成長方法の開発)

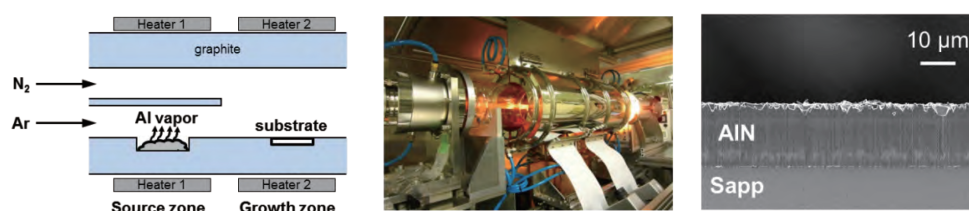
平成 27 年 9 月 24 日授与

紫外光源として、現在、水銀ランプが主に用いられているが、2013 年制定の「水銀に関する水俣条約」によると、2020 年までに水銀含有製品の製造や輸出入が原則禁止されることから、これに換わる固体光源の開発が待望されている。この目的に対して、窒化物半導体 AlGaIn 有望である。[窒化物半導体 InGaIn を用いた発光ダイオード (LED) やレーザーダイオードは可視域で既に実用化され、2014 年のノーベル物理学賞を受賞している。] 構成元素の環境負荷は小さく、加えて、InGaIn 可視発光素子の実績から高効率発光も期待される。ところが実際には、AlGaIn LED の効率は、最高でも 15% 程度 (発光波長 280 nm) であり、その改善が必要とされている。この効率を決める要因の一つとして、本研究では発光素子の基板に注目した。

通常、発光素子は、ある基板上に薄膜成長技術によって形成される。この際、理想的には素子と同一材料の基板を用いるべきであり、紫外固体光源の場合、それは AlN である。しかしながら、現在開発途上の AlN 基板の結晶成長法 (ハイドライド気相成長法および昇華法) では、塩素系ガスや 2000°C を超す高成長温度など、環境負荷や安全性の観点から、いくつかの問題がある。これらの問題を解決するため、本研究では、Al と N₂ ガスという基本的な原料から AlN 結晶を作製する方法を提案、実証した。得られた主な結果は以下の通りである。

- (1) **新 AlN バルク単結晶成長装置の設計と開発:** Al+1/2N₂ ↔ AlN の反応性を熱力学的に検討し、約 2000°C 以下では AlN が形成される方向に反応が進むことを確認した。それを受け、Al 蒸気を Ar ガスによって基板へ輸送し、N₂ ガスは独立したチャンネルから基板に供給する方式を考案し、Al 原料部と基板部の温度を、2 台の高周波加熱装置によって独立に制御可能な結晶成長装置を設計・試作した。
- (2) **AlN の作製:** 開発した成長装置にて、まず Al 原料を直接窒化したところ、三次元状の AlN 微結晶が形成できた。熱力学解析の妥当性を示している。さらに、Al 蒸気と N₂ ガスを分離供給した場合、それら原料の供給比である V/III 比を小さくしたときは一次元状のウイスカー (細線) 状 AlN が、V/III 比を大きくしたときは二次元状の (0001) 配向した AlN エピタキシャル膜が成長することを明らかにした。
- (3) **厚膜 AlN 単結晶の成長と高品質化:** V/III 比 2200、基板温度 1550°C など成長条件の最適化によって、約 20 μm/h の成長速度と結晶の高品質化 (らせん転位密度: 約 1×10⁸ cm⁻²、刃状転位密度: 約 5×10⁸ cm⁻²) を実現した。この転位密度は、同程度の膜厚の AlN では世界最高レベルにある。
- (4) **光物性評価:** 波長 370~400 nm (3.1~3.4 eV) 付近にピークを持つブロードな発光スペクトルを観測し、浅いドナー準位と深いアクセプター準位が関与したドナーアクセプター対 (DAP) 発光であると同定した。この発光の内部量子効率率は最大で約 60% に達するため、近紫外蛍光体としての可能性も見出した。

以上により、非常に簡便な反応を利用した AlN バルク結晶作製への指針を提示することができたと考えている。今後は、サブ mm から mm 程度の厚みを持った、実際に基板として用いることのできる結晶の作製を目指すことが重要である。Ref) P.-T. Wu *et al.* *Sci. Rep.* **5**, 17450 (2015).



(左から) 装置の概略と写真、サファイア基板上に 1 時間で形成した AlN 厚膜の断面走査電子顕微鏡像

小 川 和 久 (北野教授)

「Optical Interferometric Measurements Inspired by Time-Reversal Symmetry of Quantum Mechanics」

(量子力学の時間反転対称性を用いた光干渉測定)

平成 27 年 9 月 24 日授与

近年、光の量子性を利用した光計測技術である「光量子計測」に注目が集まっており、古典光を用いた場合よりも高度で精密な光計測の実現に向けた研究が行われている。しかし、光量子計測には光源である量子もつれ光子対の生成効率が低いため、低出力であるという問題がある。本論文は、この量子もつれ光子対を用いて実現される量子光計測手法を、始状態と終状態の役割を入れ換えて、時間発展を逆にたどる「時間反転光学系」を用いることで、古典光学的に高出力光源で実現する手法について論じたものである。

まず、量子もつれ光子対を用いた光学系について、同じ検出確率を持つ時間反転系を構成するための一般論を構築した。その理論から、元の量子光学系の検出確率を古典パルス光を用いて再現する手法である「時間分解パルス干渉法 (TDPI)」を提案した (図 1)。

次に、光量子計測の基礎となる量子光学現象である「位相超分解」、「分散消去 Hong-Ou-Mandel (HOM) 干渉」について、これらの干渉パターンを TDPI を用いて古典光学的に再現する実験を行い、量子もつれ光子対を用いた順方向系に比べはるかに大きい出力の測定結果を得た。

さらに、光量子計測の一種である「量子もつれ光子対における幾何学的位相の非線形変化の観測」および「分散消去 - 光干渉断層撮影 (OCT)」を、TDPI を用いて古典光学的に実現する実験を行った (図 2)。前者は「位相超分解」、後者は「分散消去 HOM 干渉」を基礎としており、前実験系を応用した。いずれの測定結果も、量子もつれ光子対を用いた場合よりもはるかに大きい出力の測定結果を得た。

本研究では、従来量子もつれ光子対の量子相関を利用して達成されてきた光量子計測の幾つかが、実験的に扱いやすい古典光学系を用いて高出力で実現できることが実験的に示された。本論文で提案した手法は、今後、光量子計測を実用化するための有用な手段となることが期待される。

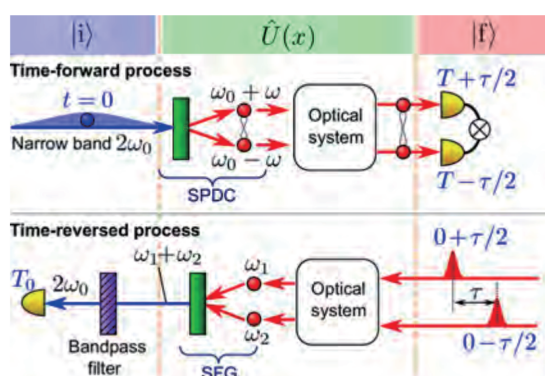


図 2 光量子計測における、順方向過程 (上)、時間反転過程 (下) の概念図。

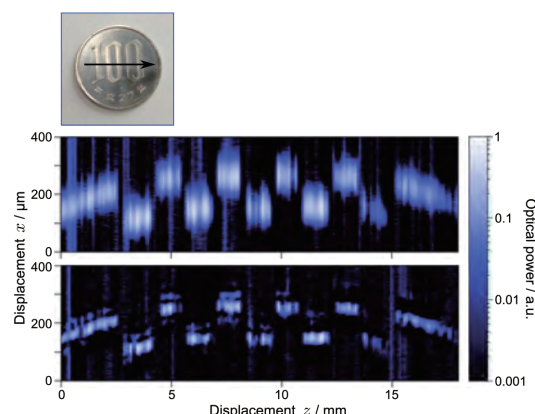


図 1 分散媒質存在下での 100 円玉表面の OCT 画像。(上) 従来法、(下) 本研究結果。

武 笠 知 幸 (松山教授)

「Mesoscopic Surface Characterization for Skeletal Kinematics Estimation from 3D Video」

(3次元ビデオからの骨格的運動学推定のためのメソスコピック表面特徴記述法)

平成 27 年 9 月 24 日授与

3次元ビデオは、3D テレビのように映像が飛び出して見えるステレオ映像、もしくはコンピュータグラフィックスで作成された人工的な3Dアニメーションではなく、自由に運動する対象の3次元形状と動き、および表面テクスチャを全周囲に渡って記録した完全な実写3次元映像である。しかし対象の動きは表面形状の時間的な変化として記録され、そのような変化を生じさせた内部の骨格構造とその運動は得られていない。したがって3次元ビデオで撮影された対象各部位の運動を記述すること、あるいは骨格構造に基づいて3次元ビデオに写された対象の動作を直接編集することはできない。

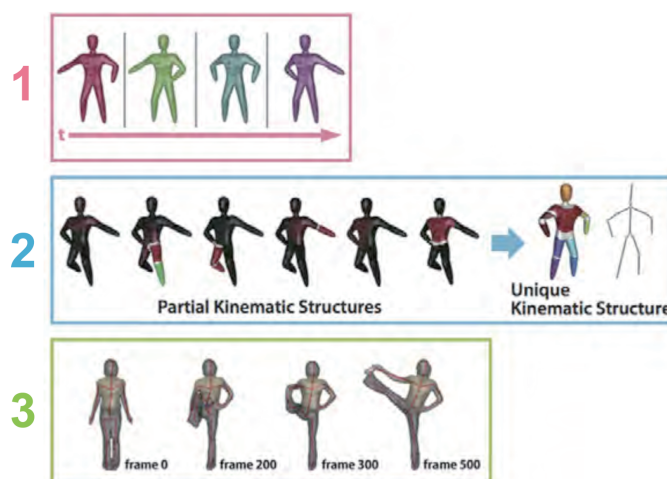
本論文は、自由に運動する対象を撮影した3次元ビデオから、その運動学的骨格構造、すなわち表面形状およびその変化と整合性のある骨格の構造および運動を同時に推定するアルゴリズムについてまとめたものであり、得られた成果は以下の通りである。

(1) Part-wise Geodesic Histogram Shape Descriptor (PGH-SD) と呼ばれる新たな特徴量を考案し、これを用いることによって3次元ビデオとして撮影された3次元表面形状系列を、表面上の各点の運動軌跡が安定に推定できるような時区間に分割するためのアルゴリズムを示した (図上段)。

(2) PGH-SD によって分割された各時区間それぞれにおいて、剛体・非剛体領域とその接続関係を推定するためのアルゴリズムを考案した (図中段左側)。

(3) 各時区間において得られた剛体・非剛体領域を時系列全体にわたって統合するアルゴリズムを示すとともに、得られた剛体・非剛体領域を基に、3次元表面形状を、木構造として表される骨格構造へと変換する問題が、最小全域木探索問題として定式化できることを示した (図中段右側)。

(4) 以上の処理で得られた対象の運動学的骨格構造を用いることにより、身体部位同士の重度な接触を伴う複雑な運動を行う対象の3次元ビデオから、対象の運動を推定するアルゴリズムを示すとともに、実画像を用いた実験によってその有効性を示した (図下段)。



図：3次元ビデオからの骨格構造およびその運動推定の流れ

Kourosh Meshigi (石井教授)

「Particle Filter-based Tracking to Handle Persistent and Complex Occlusions and Imitate Arbitrary Black-box Trackers」

(複雑な長時間の遮蔽に対応可能でかつ任意の追跡器を模倣可能なパーティクル・フィルタに基づく物体追跡)

平成 27 年 9 月 24 日授与

Occlusions, one of the most challenging problems in visual tracking, degrade the performance of many trackers significantly. Taking various spatial and temporal forms, occlusions have not been modeled completely yet. State-of-the-art solutions fail to handle persistent and complex occlusions, and any comprehensive study over occlusion handling is deemed missing.

To address these, this study first presents a comprehensive review on the literature. Next, we propose a tracker to detect emergent occlusions, address difficult occlusion scenarios, and perform rapid target recovery after occlusion. This novel method builds upon a particle filter tracker and significantly improves its resilience against various types of occlusions, including persistent and complex occlusions. The objective of this tracker is to extend particles to include an occlusion state, switch observation and motion models based on the occlusion state, weight the observation based on the observation confidence, and employ robust feature fusion. We also proposed a novel data-driven occlusion mask that enhances the observation of any appearance-based tracker, and improves its accuracy significantly during occlusions. The obtained mask prevents the observation to be contaminated by data from occluder or background, and works well along with a general occlusion handling scheme in the main tracker.

Another part of this study is to find the optimal feature set to maximize the tracker performance in various situations even under occlusion. We found that most of the trackers can be imitated by one framework with interchangeable features and their weights. This method minimizes the mismatches between the target and imitating tracker while preventing the overfitting to limited training data. This mimicking approach is able to shadow many of the state-of-the-art trackers, while it sheds light on the possible inner mechanism of black-box trackers. The imitating tracker also outperforms its multiple target trackers by using their collective tracking knowledge.

In summary, this study proposed an occlusion-aware framework to predict and manage various types of occlusions, which was found to enhance the observation quality to be used by arbitrary appearance-based trackers. Applied on the Princeton RGBD tracking benchmark, our tracker, *OAPF*, achieves superior performance and beats the state-of-the-art trackers in terms of tracking performance and speed as shown in Fig. 1.

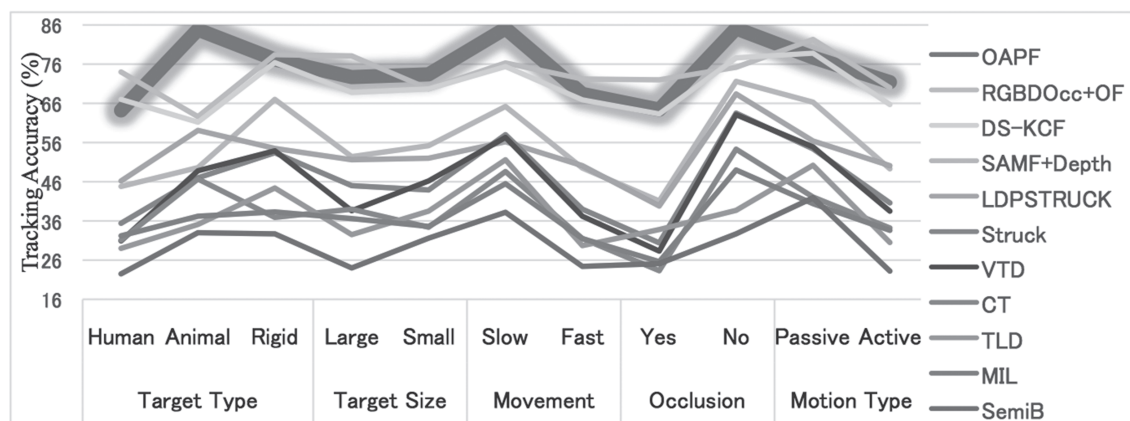


Fig 1. Accuracy on Princeton RGB-D Tracking Dataset

Tracking accuracies for various type of target are shown. Each line corresponds to each tracking method.

長 崎 陽 (山川教授)

「Study on High Temperature Superconducting Coil System for Magneto Plasma Sail Spacecraft」

(磁気プラズマセイル宇宙機搭載用高温超伝導コイルシステムに関する研究)

平成 27 年 9 月 24 日授与

磁気プラズマセイルとは、超伝導コイルが作る強力な磁場で太陽から吹き出す太陽風（高速なプラズマ流）を受け止め推力を得る、次世代の宇宙推進システムである。太陽エネルギー（太陽風運動量）を直接推力に変換するため、高い燃料効率が達成でき、太陽系の外縁部、更には系外の探査を比較的短期間・低コストで遂行することが期待されている。本論文は、磁気プラズマセイルの推進性能（推力質量比）向上を目的として、同宇宙機用高温超伝導コイルシステムの研究開発についてまとめられたものである。具体的には、(1) 実験結果との比較により高温超伝導コイルの電磁的熱的特性を解析するモデルを構築し、(2) 宇宙機用に高温超伝導コイルシステムを最適化することで、磁気プラズマセイルの推進性能（推力質量比）最大化に取り組んでいる。本論文で得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 高温超伝導コイルの非線形な通電特性は、自身の作る磁場、その向き、温度および応力などに複雑に依存するため、同特性を正確に解析するモデルが確立されていなかった。本論文では、磁気プラズマセイル用コイルシステム設計に際して、高温超伝導コイルの通電特性、熱安定性、交流損失、コイル内遮蔽電流などの電磁的熱的特性を考慮した正確なコイル設計モデルを新たに構築している。また、磁気プラズマセイル用スケールダウンモデルコイルを用いて、構築したモデルの妥当性の実証に成功している（図 1）。さらに、構築したモデルを用いて、高温超伝導コイルの様々な電磁的熱的特性の解明に取り組んでいる。

(2) 磁気プラズマセイルによって得られる推力は、搭載するコイルの磁気モーメント（電流 × ターン数 × コイルが囲む面積）に比例することがわかっている。本論文では、磁気プラズマセイルの推進性能（推力質量比）向上を目的として、高温超伝導コイルシステムの磁気モーメント質量比最大化に取り組んでいる。具体的には、構築したコイル設計モデルを用いて、コイル内発熱、太陽光輻射熱など外部からの熱侵入、冷却条件を考慮し、システム全体の熱安定性を制約条件とした上で、磁気モーメント質量比が最大となるコイルシステム構成を検討している。コイルシステム最適化の結果、高さが大きくレーストラック型と呼ばれる超伝導コイル（使用線材：イットリウム系）を温度 20 K で運用した際に、先行研究による成果に比べて磁気モーメント質量比約 3 倍の向上が可能であることを明らかにしている（図 2）。

以上のように、本論文では新たな高温超伝導コイルの解析モデルを構築し、宇宙機用超伝導コイルシステムを最適化することで、次世代の宇宙推進システムの大幅な性能向上が可能であることを示しており、今後の宇宙利用の拡大・科学技術の発展に大きく貢献するものと期待される。

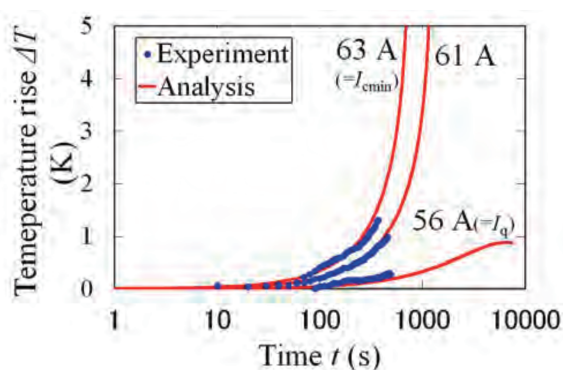


図 1：電流通電時における超伝導コイルの温度変化（解析および実験結果の比較）

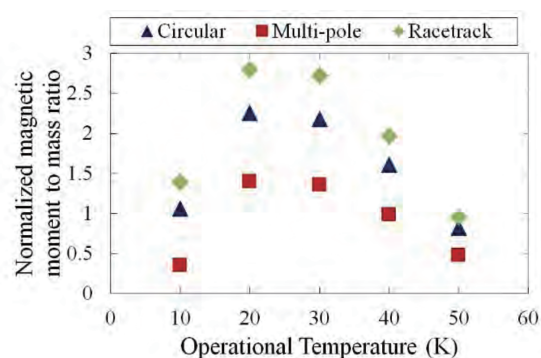


図 2：磁気モーメントのコイル運転温度依存性

Gan Tong (山本教授)

「Study to improve measurement accuracy and resolution of atmospheric radars」

(大気レーダーの測定精度と分解能の向上に関する研究)

平成 27 年 11 月 24 日授与

Radars operated at VHF (30-300 MHz) or UHF (300-3000 MHz) frequency bands (atmospheric radars; ARs) are sensitive to refractive index perturbations caused by atmospheric turbulence. From a Doppler spectrum collected by a AR, echo power, Doppler velocity, and spectrum width of echoes scattered by the refractive index perturbations (clear-air echo) can be measured. These parameters are referred to as spectral parameters. Because the refractive index irregularities can be produced by temperature and humidity perturbations caused by atmospheric turbulence, ARs can be used to measure turbulence parameters (e.g., dissipation rate and diffusivity). In this study, we developed a new radar digital receiver which can perform range imaging (RIM) and oversampling (OS) on a 1.3-GHz AR (RIM LQ-7). The new radar digital receiver contains a general-purpose software defined radio receiver and a commercial personal computer. Software developed for the digital receiver was written in the C++ language and that developed for signal processing was written in the Python language.

Because high-resolution ARs collect a huge amount of Doppler spectra, methods for calculating the spectral parameters must be simple and fast. Using numerical simulations, we investigated a method for calculating the spectral parameters from Doppler spectra collected in the clear air region. The proposed method has two steps in general. In the first step, the echo range (R_{echo}), in which the Doppler spectrum point with peak intensity is contained and all the smoothed Doppler spectrum points have intensities that are greater than the noise intensity, was determined. The smoothed Doppler spectrum was obtained by a running average with equal weight (RA). In the second step, the spectral parameters were calculated using the Doppler spectrum points within R_{echo} . Estimation error of the spectral parameters depends on the determination accuracy of the Doppler spectrum peak and R_{echo} . Furthermore, for the case of a 512-point Doppler spectrum and 13-point RA, the estimation errors tend to be independent of the signal-to-noise ratio (SNR) when the detectability (D) is 6 or larger. For a D range of < 2.5 , the estimation errors are significantly large. It is recommended that number of incoherent integration times is determined by considering both D and the SNR. By using the method we proposed, data collected by the vertical beam of the RIM LQ-7 was processed. Measurement using a $1\text{-}\mu\text{s}$ subpulse width, an 8-bit optimum binary code, five frequencies, and the vertical beam was carried out at Shigaraki MU Observatory. Measurement results indicated that the high range and time resolution of the RIM LQ-7 are useful for observing the boundary layer.

In the precipitation region, ARs can receive clear-air echoes and Rayleigh scatterings from hydrometeors (hydrometeor echoes) simultaneously. The clear-air echo must be separated from the hydrometeor echo well. Therefore, we proposed methods (top method and two-echo method) for calculating the spectral parameters in precipitation region. The top method is used when raindrops or solid hydrometeors with small echo intensities exist. The top method sets an echo cut level by using the peak intensity of a clear-air echo. The echo cut level is used for separating clear-air echoes from hydrometeor echoes. The two-echo method is used when solid hydrometeors with large echo intensities exist. The two-echo method sets the echo cut level by using the local minimum of echo intensity between the clear-air echo and the hydrometeor echo. In order to determine the optimum echo cut levels for the top method and two-echo method, numerical simulations with different simulation conditions were carried out. Measurement results obtained by the vertical beam of the MU radar during the precipitation on 26 October 2009 were used for evaluating the performance of the top and two-echo methods. The measurement results demonstrate that the top method and two-echo method are useful for reducing the errors of spectral parameters.